



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 36 813 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 N 9/24**  
G 01 N 11/18  
G 01 N 29/02  
B 06 B 1/06

⑳ Aktenzeichen: P 44 36 813.5  
㉑ Anmeldetag: 14. 10. 94  
㉒ Offenlegungstag: 18. 4. 96

DE 4436813 A 1

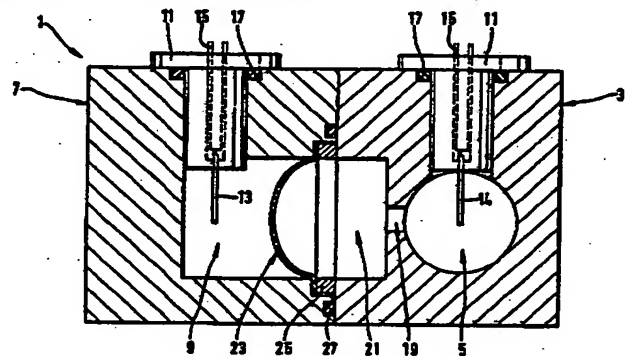
㉑ Anmelder:  
Pector GmbH, 82054 Sauerlach, DE

㉒ Vertreter:  
Kuhnen, Wacker & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 85354 Freising

㉓ Erfinder:  
Lindner, Gerhard, Dr., 98450 Coburg, DE; Bartels,  
Andreas, 84686 Elmshausen, DE

⑤4 **Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Gasmischungen**

⑤7 Beschrieben wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Gasmischungen, die eine mit der Gasmischung beföhrbare Meßkammer und eine mit einem Referenzgas beföhrbare Referenzkammer aufweist, die über eine Ausgleichseinrichtung zum Einstellen von gleicher Temperatur und gleichem Druck in der Meßkammer und in der Referenzkammer miteinander verbunden sind. In der Referenz- und in der Meßkammer sind jeweils mechanische Resonator-Sensoren vorgesehen, wobei die Differenzfrequenz zwischen den Resonanzfrequenzen der beiden Resonator-Sensoren als Maß für die Zusammensetzung der Gasmischung herangezogen wird. Durch die Ausgleichseinrichtung wird eine Druck- bzw. Temperaturkompensation ermöglicht, so daß das Meßsignal direkt in Abhängigkeit zum Anteil der zu messenden Gaskonzentration ist.



DE 4436813 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung der Zusammensetzung einer Gasmischung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung einer Gasmischung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 21.

Eine derartige Vorrichtung wird beispielsweise zur Ermittlung, insbesondere zur qualitativen Bestimmung, der Zusammensetzung von Luft (Feuchtigkeitsmessung), Generatorgas, Mischgas, Wassergas, Stadtgas, Verbrennungsgasen, Explosionsgasen, Grubengas, usw. oder bei physiologischen Untersuchungen (Atmung, Assimilation) eingesetzt.

Ebenso kann eine Vorrichtung zur Bestimmung der Zusammensetzung von Gasmischungen beispielsweise in einer Gasbefüllungsanlage eingesetzt werden, bei der in einem gegebenen Volumen beispielsweise Luft durch geeignete Einströmung eines andersartigen Gases von bekannter Art verdrängt wird. Zur Steuerung des Befüllungsvorgangs mit der Gasbefüllungsanlage wird ein Sensor benötigt, der die Zusammensetzung des verdrängten Gases erkennen und darauf reagieren kann. Hierfür kommen mechanische Resonator-Sensoren grundsätzlich in Frage, insbesondere weil sie hinreichend schnell auf Änderungen der Zusammensetzung des Gasgemisches reagieren.

Es ist beispielsweise aus dem GM 91 00 101.3 und der Veröffentlichung auf der 7. GMA/ITG-Fachtagung "Sensoren-Technologie und Anwendung", Bad Nauheim, 16.-18.3.1994 der Autoren "A. Bartels, W. Halder, H. Müller und G. Lindner bekannt, Biegeschwinger als Resonator-Sensoren einzusetzen. Das in den Veröffentlichungen beschriebene Verfahren benötigt zur Messung der Zusammensetzung einer Gasmischung ein schwingfähiges System in Form eines mechanischen Biegebalkens, bei dem der Biegebalken in das zu bestimmende Gasgemisch eingebracht wird und über die dämpfungsabhängige Resonanzfrequenz des Systems eine Bestimmung der qualitativen Zusammensetzung ermöglicht. Die Dämpfung der Resonanzfrequenz ist ein Maß für Druck, Viskosität, Strömungsgeschwindigkeit und Art des den Resonator-Sensor umgebenden Gases. Ursache für diesen physikalischen Dämpfungseffekt ist die träge Masse der vom bewegten Resonator beschleunigten Gasmoleküle. Eine Änderung der physikalischen Gasparameter führt aufgrund der Dämpfung zu einer Verschiebung der Resonanzfrequenz, d. h. die Resonanzfrequenz sinkt mit zunehmender Dichte nahezu linear ab. Zur Bestimmung dieser Verschiebung bzw. Absenkung muß deshalb die Erregerfrequenz sowie die Schwingfrequenz des Systems gemessen werden. Die Dichte des zu messenden Gases hängt wiederum bei gegebener Temperatur vom Gasdruck und von der Masse der Gasatome bzw. Gasmoleküle ab.

Wird die Bestimmung der Zusammensetzung von Gasmischungen bei konstantem Druck und konstanter Temperatur durchgeführt, so können mit den mechanischen Resonator-Sensoren Änderungen der Atom- bzw. Molekülmasse der in der Gasmischung befindlichen Gaskomponenten gemessen werden. Wenn die beteiligten Gaskomponenten bekannt sind und sich in ihren Atom- bzw. Molekülmassen unterscheiden, kann auf diese Weise die qualitative Zusammensetzung eines Gasgemisches bestimmt werden.

Der in den oben genannten Veröffentlichungen beschriebene Resonator-Sensor ist in Form eines einseitig eingespannten Biegebalkens ausgeführt, der durch ein

dünnes Glasplättchen dargestellt wird. Dieses Glasplättchen ist mit einer piezoelektrischen, zur Kontaktierung metallisch beschichteten Polyvinylidenfluorid-Folie (PVDF-Folie) beklebt, die jeweils als Aktuator und Auslenkungssensor für die Biegeschwingung wirkt. Mit einer geeigneten Regelungsschaltung wird der Resonator jeweils auf die Resonanzfrequenz eines ausgewählten Schwingungszustandes abgeglichen. Neben den physikalischen Parametern des Gases ist zu beachten, daß eine Temperaturänderung des Resonators an sich ebenfalls Einfluß auf die Resonanzfrequenz nimmt.

Für eine meßtechnische Anwendung dieser bekannten Vorrichtung ist es daher erforderlich, den Einfluß der das Meßergebnis hinsichtlich der Gaszusammensetzung verfälschenden Parameter, wie z. B. gleichzeitige Änderung von Druck und Temperatur, zu minimieren oder zu kompensieren, um eine nachträgliche Korrektur der Meßergebnisse anhand von aufwendigen Korrektur- bzw. Kompensationsschaltungen oder von unabhängigen Messungen für eine Eichkurvenbestimmung zu vermeiden.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung von Gasmischungen unter Zuhilfenahme der Resonatoren der vorstehenden Art bereitzustellen, die eine von Druck und Temperatur unabhängige Messung der Zusammensetzung von Gasmischungen ermöglichen.

Diese Aufgabe ist hinsichtlich der Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Patentanspruchs 21 gelöst.

Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung eine Meßkammer, eine Referenzkammer und eine Ausgleichseinrichtung zum Einstellen von gleicher Temperatur und gleichem Druck in der Meßkammer und in der Referenzkammer auf. Die Meßkammer ist mit der zu bestimmenden Gasmischung und die Referenzkammer mit einem Referenzgas befüllbar. Ein zweiter, vorzugsweise baugleicher Resonator-Sensor wird in die hermetisch verschließbare Referenzkammer eingebaut, die mit der Meßkammer über die Ausgleichseinrichtung zur Kompensation von Druck- und Temperaturänderungen miteinander wechselwirken und thermisch gekoppelt sind.

Dadurch, daß mit der Ausgleichseinrichtung sichergestellt wird, daß in beiden Kammern stets der gleiche Druck herrscht und die Temperatur der beiden Resonatoren mit der Gasbefüllung übereinstimmt, ist die Differenz der Resonanzfrequenzen der beiden Resonatoren dann lediglich von der Gaszusammensetzung in der Meßkammer, nicht aber von Druck- und Temperaturschwankungen abhängig. Durch Erhalt der Meßgröße aus der Differenzfrequenz der Resonatoren können die kosten- bzw. zeitaufwendigen Druck- und Temperaturschwankungen, die üblicherweise bei der Bestimmung der Gaszusammensetzung herangezogen werden mußten, erfindungsgemäß entfallen. Zusätzlich muß die gesamte Vorrichtung lediglich bei der erstmaligen Inbetriebnahme kalibriert werden.

Neben dem Wegfall von zusätzlichen Kompensationseinrichtungen besteht ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung darin, daß bereits im Handel erhältliche PVDF-Resonator-Sensoren, die einfach und kostengünstig herstellbar sind, angewendet werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ist die Gasmischung lediglich aus einer ersten und

ein r zweiten Kompo nte gemäß Anspruch 2 zusammengesetzt, wobei insbesondere die zweite Komponente beispielsweise gemäß Anspruch 3 aus mehreren qualitativ bekannten Gasen zusammengesetzt ist, so können die Anteile der ersten Komponente der Gasmischung bestimmt werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist somit in der Lage, die Anteile einer unbekannten Komponente im Verhältnis zu einer Komponente, die gemäß Anspruch 3 aus mehreren Gasen zusammengesetzt ist, qualitativ aus der Differenzfrequenz der beiden Resonatoren zu bestimmen. Ist insbesondere gemäß Anspruch 4 das in der Referenzkammer eingefüllte Referenzgas gleich mit der zweiten Komponente der Gasmischung, so ist vorteilhafterweise eine einfache Beziehung, beispielsweise Linearität, zwischen der Differenzfrequenz und der Konzentration der zu untersuchenden Gaskomponente gegeben.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann gemäß Anspruch 5 vorteilhafterweise auch die Zusammensetzung einer strömenden Gasmischung bestimmt werden, ohne dabei das Verfahren zur Bestimmung der Komponenten der Gasmischung abändern zu müssen. Lediglich die Meßkammer wird als Strömungskanal ausgebildet, wobei der zweite Resonator-Sensor in den Strömungskanal hineinragt. Neben der Bestimmung der Gaszusammensetzung ist es mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch möglich, ohne Kenntnis der einzelnen Gaskomponenten Gasströmungsänderungen zu messen, insbesondere bei frontaler Anströmung des Resonator-Sensors auf seine großflächige Oberfläche. Zusätzlich kann auch bei Kenntnis der einzelnen Gaskomponenten eine Absolutbestimmung der Gasströmung nach vorhergehender Eichung durchgeführt werden.

Vorzugsweise ist der Strömungskanal der Meßkammer gemäß Anspruch 6 so ausgebildet, daß eine laminare Strömung den zweiten Resonator-Sensor umströmt, um ein eindeutiges Meßergebnis zu erhalten, welches bei Vorliegen von Turbulenzen im Bereich des Resonator-Sensors ansonsten zu einem verfälschten Ergebnis führen würde.

Der erste und/oder zweite mechanische Resonator-Sensor weist gemäß Anspruch 7 vorteilhafterweise eine Grundplatte auf, auf die zumindest auf einer Oberfläche ein Material aufgebracht ist, welches die Grundplatte zu Schwingungen anregt. Werden die Resonator-Sensoren über Sensorhalterungen in den Kammern gehalten, so können aufgrund der speziell ausgebildeten Sensorhalterungen weitere Dämpfungen auf die Resonator-Sensoren vermindert werden.

Durch Herstellung der Grundplatte aus Glas gemäß Anspruch 8 wird zum einen ein kostengünstiges Material verwendet, womit für die Bestimmung der Gaszusammensetzung der Resonator-Sensor eine ausreichende Güte (Q) erzielbar ist. Wird gemäß Anspruch 9 die Grundplatte aus kristallinem Silizium hergestellt, so wird die Güte um das dreifache gegenüber einer Glas-Grundplatte erhöht. Um die Bruchfestigkeit des Resonator-Sensors zu erhöhen, können beispielsweise auch Federstahl, Aluminium oder Kupfer-Berillium-Bronze als Material für die Grundplatte herangezogen werden, womit dennoch eine zur Bestimmung der Differenzfrequenz der Resonator-Sensoren ausreichende Güte erhalten wird. Damit die Resonator-Sensoren zu Schwingungen angeregt werden, wird gemäß Anspruch 10 die Grundplatte mit einem Piezo-Material überzogen, welches wiederum von einer Kontaktschicht überdeckt ist. Mit diesem Piezo-Material ist ein einfach handhabbarer elektrischer Anregungsmechanismus erzielbar.

Insbesondere ist es von Vorteil, wenn gemäß Anspruch 11 das Piezo-Material eine piezoelektrische Polyvinylidenfluorid-Folie (PVDF-Folie) ist. Diese Folie ist im Handel erhältlich und kann auf die Grundplatte aufgeklebt werden.

Durch Auswahl geeigneter Schwingungsmoden der Resonator-Sensoren wird die Empfindlichkeit optimiert. Vorzugsweise werden gemäß Anspruch 12 die mechanischen Resonator-Sensoren so dimensioniert, daß bevorzugt eine 2/0-Mode angeregt wird. Bei Anregung dieser Mode, wurde mit der als Glas ausgebildeten Grundplatte die höchste Güte des Resonators erzielt. Die in dem GM 91 00 1013 und in der Veröffentlichung auf der 7. GMA/ITG-Fachtagung "Sensoren-Technologie und Anwendung", Bad Nauheim, 16.-18.3.1994 der Autoren "A. Bartels, W. Halder, H. Müller und G. Lindner" beschriebenen Biegeschwinger als Resonator-Sensoren werden ausdrücklich in den Offenbarungsgehalt die Anmeldung aufgenommen.

Wird die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Bestimmung von strömenden Gasmischungen herangezogen, so ist es von Vorteil, daß der sich in der Strömung befindliche Resonator-Sensor mit seiner großflächigen Oberfläche parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet ist. Dadurch wird gewährleistet, daß die Beeinflussung des Meßsignals durch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten während des Meßvorganges vernachlässigbar ist.

Werden die Meßkammer und die Referenzkammer von der Ausgleicheinrichtung getrennt, und ist die Ausgleichseinrichtung gemäß Anspruch 14 als eine flexible gasundurchlässige Membran ausgebildet, so kann auf einfache Weise der Druckausgleich hergestellt werden. Weist die Membran gemäß Anspruch 15 einen hohen Wärmedurchgangswert auf, so findet ein effektiver Wärmeaustausch zwischen der Referenz- bzw. der Meßkammer statt, wobei der Wärmeausgleich zwischen den beiden in der Meß- bzw. Referenzkammer befindlichen Gase sich derart kurzfristig vollzieht, daß das Meßsignal nicht erheblich beeinflusst wird.

Ist das Material der Membran gemäß Anspruch 16 unelastisch, so muß beim Druckausgleich keine weitere Kraft zur Dehnung der Membran aufgebracht werden, wodurch ein Druckausgleich unverfälscht zwischen der Referenz- und Meßkammer gewährleistet ist und die Beziehung zwischen der Konzentrationsabhängigkeit und der Verschiebung der Resonanzfrequenz nicht ungünstig ist.

Vorteilhafterweise wird die Membran gemäß Anspruch 17 aus einer Polyethylenterephthalat-Folie (PETP-Folie) gebildet, die unter dem Handelsnamen "Mylar" der Firma DuPont erhältlich ist.

Die Meßkammer und die Referenzkammer können gemäß Anspruch 19 ein gemeinsames Gehäuse, beispielsweise in Form eines Doppelkammersystems, aufweisen, wodurch eine kompakte Bauweise ermöglicht wird. Die Meßkammer und die Referenzkammer können in dem Gehäuse platzsparend dicht nebeneinander angeordnet werden. Diese Referenz- und Meßkammern können dann durch die Ausgleichseinrichtung voneinander getrennt sein. Wird darauf geachtet, daß das Gehäuse gemäß Anspruch 20 wärmeleitend ist, so kann der Wärmeaustausch zwischen den beiden Resonator-Sensoren an sich vollzogen werden. Eine Temperaturänderung eines der beiden Resonator-Sensoren wird dementsprechend auf den anderen Resonator-Sensor übertragen, wodurch das Meßsignal, d. h. die Differenzfrequenz zwischen den beiden Resonator-Sensoren, von

den Temperaturschwankungen der Resonator-Sensoren unabhängig ist.

Das bei der Vorrichtung angewendete Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung der Gasmischung weist den Vorteil auf, daß die Bestimmung der einzelnen Komponenten von Gasmischungen unabhängig von den absoluten Werten der Eigenfrequenzen bzw. der verschobenen Eigenfrequenzen des Resonator-Sensors durchgeführt werden kann. Bei entsprechender Eichung kann aus der Differenzfrequenz zwischen der ersten und der zweiten Resonatorfrequenz der beiden Resonator-Sensoren die Zusammensetzung der Gasmischung angegeben werden. Vorteilhafterweise muß die Eichung lediglich zu Beginn der Inbetriebnahme nach dem Einbau oder einem Umbau vorgenommen werden. Mit diesem Verfahren ist es somit möglich, daß die Eigenfrequenzen der Resonator-Sensoren auf die zu erwartende Differenzfrequenz abgestimmt werden kann und somit auf Eigenfrequenzen der Resonatoren-Sensoren abgestellt werden können, bei der die Resonator-Sensoren eine ausreichende bzw. zum Erfassen der Meßsignale ausreichende Güte aufweisen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der übrigen Unteransprüche.

Nachstehend wird anhand schematischer Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Schnittzeichnung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 ein Blockschaltbild der Resonator-Sensoren-Steuerung;

Fig. 3 Diagramm zum Temperaturverhalten beider Resonator-Sensoren;

Fig. 4 Diagramm zum Druckverhalten beider Resonator-Sensoren; und

Fig. 5 Diagramm der Abhängigkeit der Differenzfrequenz von einem Anteil der Gasmischung.

In einer als Schnittdarstellung ausgeführten Fig. 1 ist die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer bevorzugten Ausgestaltung gezeigt, die im wesentlichen ein zweigeteiltes Gehäuse 1 aufweist, wobei in dem einen Teil 3 die Meßkammer 5 und in dem anderen Teil 7 die Referenzkammer 9 enthalten sind. In der Meßkammer 5 und der Referenzkammer 9 sind Sensorhalterungen 11 eingebaut. In der Meßkammer 5 ist an der Sensorhalterung 11 eine erster Resonator-Sensor 13 und an der Sensorhalterung 11 in der Referenzkammer 9 ist ein zweiter Resonator-Sensor 14 montiert. Die beiden Resonator-Sensoren 13 bzw. 14 sind über elektrische Zuführungen mit entsprechenden Regelungen außerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung verbunden. Dichtungen 17 an den Sensorhalterungen 11 schließen die Meßkammer 5 und die Referenzkammer 9 gasdicht ab. Die Meßkammer 5 ist über einen Durchgang 19 mit einer erweiterten Meßkammer 21 verbunden, deren Ausgestaltung auf die Referenzkammer 9 abgestimmt ist. Zwischen der erweiterten Meßkammer 21 und der Referenzkammer 9 ist eine Ausgleichseinrichtung in Form einer Ausgleichsmembran 23 angeordnet, die über einen Spannring 25 fixiert wird. Der Innendurchmesser des Spannringes 25 ist auf die Ausgestaltung der erweiterten Meßkammer 21 und der Referenzkammer 9 abgestimmt. Die Referenzkammer 9, der Spannring 25 und die erweiterte Meßkammer 21 bilden einen zylindrischen Raum, der von der Ausgleichsmembran 23 durchtrennt wird. Die Ausgleichsmembran 23 kann zum Druckausgleich in die erweiterte Meßkammer 21 eindringen. Wird das zweigeteilte Gehäuse 1 zusammengefügt, so ist ein Dichtring

27 vorgesehen, der eine Abdichtung nach außen ermöglicht. Beide Teile 3 und 7 des Gehäuses 1 werden vorzugsweise durch eine Schraubverbindung lösbar zusammengefügt. In der Anfangsstellung ragt die Ausgleichsmembran 23 in die Referenzkammer 9 halbkugelförmig hinein. Treten beispielsweise Druckschwankungen auf, bei denen ein niedriges Druckniveau in der Meßkammer 5 gegenüber der Referenzkammer 9 entsteht, bewegt sich die Ausgleichsmembran 23 entsprechend der Druckdifferenz mehr oder weniger in die erweiterte Meßkammer 21. Anhand des Ausgleichmembrandurchmessers kann im Rahmen der konstruktiven Gegebenheiten der Vorrichtung die Größe des ausgleichbaren Druckunterschiedes eingestellt werden. Der Druckbereich ist sowohl über die Geometrie der Referenz- bzw. Meßkammer als auch über die Materialeigenschaften der Ausgleichsmembran, vorzugsweise im Bereich von 300 mbar, einstellbar. Wie in Fig. 1 dargestellt, ist die Meßkammer 5 mit einem kreisförmigen Querschnitt dargestellt, der aber lediglich im Hinblick auf eine einfache Herstellungsweise vorgenommen wurde.

Um den Strömungswiderstand des in der Meßkammer eingebrachten Resonator-Sensors gegenüber einer strömenden Gasmischung auf einen Minimalwert zu reduzieren, wird die großflächige Oberfläche des Resonator-Sensors parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet.

In Fig. 2 ist ein Blockschaltbild der zur Messung benötigten Komponenten gezeigt. Jeder Resonator-Sensor wird separat durch vorzugsweise gleichaufgebaute Regelschaltungen bzw. Regelungen 31, 41 angesteuert. Durch die jeweilige Regelung 31, 41 wird anfangs die Aktuatorseite der Resonator-Sensoren über die Leitung 15a angeregt, wodurch ein Signal von der Sensorseite des Resonator-Sensors der jeweiligen Regelung über die Leitung 15b zugeführt wird. Aufgabe der Regelungen 31, 41 ist es, den Resonator-Sensor in Resonanz zu halten und nachzuführen. Die jeweils an den Punkten A1 bzw. A2 aus der Regelung 31, 41 abgegriffenen Resonanzfrequenzen des Resonator-Sensors in der Referenz- und in der Meßkammer werden in einem Rechner 51 subtrahiert und daraus der Meßwert gewonnen, welcher über ein Ausgabegerät 53 angezeigt wird. Die Regelung der Resonator-Sensoren in der Resonanzfrequenz zu schwingen, wird dadurch ermöglicht, daß eine phasengespernte Regelschleife (PLL-Baustein) 33, 43 einen spannungsgesteuerten Oszillator 35, 45 aufweist, dessen Ausgangssignal über einen Verstärker 37, 47 mittels der Leitung 15a den Resonator-Sensor zu Schwingungen anregt. Die Schwingungsfrequenz des Resonator-Sensors wird von der Sensorseite des Resonator-Sensors 13 erfaßt, wobei die Schwingungsfrequenz in Form eines elektrisches Signals an einen Komparator 39, 49 weitergegeben wird, der über einen Phasenschieber 34, 44 das Signal an einen in der phasengespernten Regelschleife 33, 43 integrierten Phasen-Detektor 36, 46 weiterleitet. Das Signal wird dann von dem Phasen-Detektor 36, 46 über einen Tiefpaß an den spannungsgesteuerten Oszillator 35, 45 zurückgeführt. Die gesamte Regelung beruht somit darauf, daß die Phasenverschiebung zwischen der erzwungenen Schwingung des Resonator-Sensors gegenüber der erregende Kraft des Oszillators 35, 45 als Funktion von deren Frequenz ermittelt wird, wobei die Phase auf 90° Phasenverschiebung zurückg regelt wird.

In Fig. 3 ist das Temperaturverhalten der Resonator-Sensoren der erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigt. Es ist erkennbar, daß die Resonanzfrequenzen der Re-

sonator-Sensoren bei steigender Temperatur gleiches Verhalten zeigen. Die Differenz aus beiden Frequenzen bleibt bei sich ändernder Temperatur konstant, hat also keinen Einfluß auf den Meßwert.

In Fig. 4 ist die Druckausgleichswirkung der Membran gezeigt. Es ist zu erkennen, daß bei einer Druckänderung ein sofortiger Druckausgleich in beiden Kammern vorgenommen wird. Die Resonanzfrequenzen der Resonator-Sensoren ändern sich sowohl bei Druckanstieg als auch bei Druckabfall in gleicher Größe und in gleicher Weise. Damit ist gewährleistet, daß die Druckschwankungen die Meßgrößen, d. h. die Differenzfrequenz der Resonanzfrequenzen nicht beeinflussen werden.

In Fig. 5 ist die Differenzfrequenz der Resonator-Sensoren in Abhängigkeit eines Anteils, in diesem Fall von  $\text{SF}_6$ , welches in Luft gelöst ist, dargestellt. Da vorzugsweise in der Referenzkammer ebenfalls Luft eingefüllt worden ist, wird die lineare Abhängigkeit der Meßgröße von der Zusammensetzung des Glasgemisches dokumentiert.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung ist in kompakter Bauweise ausgebildet, wobei es darüberhinaus von Vorteil sein kann, die Meßkammer 5 und die Referenzkammer 9 voneinander zu trennen. In diesem Fall muß lediglich darauf geachtet werden, daß möglicherweise eine zusätzliche Ausgleichseinrichtung geschaffen werden muß, die einen Druck- bzw. Temperatursausgleich bewerkstelligen kann.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung der Zusammensetzung einer Gasmischung mit:  
einer mit der Gasmischung befüllbaren Meßkammer, die einen ersten mechanischen Resonator-Sensor aufweist,  
einer mit einem Referenzgas befüllbaren Referenzkammer, die einen zweiten mechanischen Resonator-Sensor aufweist, und  
einer Ausgleichseinrichtung zum Einstellen von gleicher Temperatur und gleichem Druck in der Meßkammer und in der Referenzkammer.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasmischung aus einer ersten und einer zweiten Komponente zusammengesetzt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Komponente aus mehreren Gasen zusammengesetzt ist, die qualitativ bekannt sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzgas gleich mit der zweiten Komponente der Gasmischung ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßkammer als Strömungskanal ausgebildet ist und der zweite Resonator-Sensor in den Strömungskanal hineinragt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungskanal zur Aufrechterhaltung einer laminaren Strömung ausgebildet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und/oder der zweite mechanische Resonator-Sensor eine Grundplatte aufweist, auf die zumindest auf einer Oberfläche ein Material aufgebracht ist, durch welches die Grundplatte zu Schwingungen angeregt wird, wobei die Resonator-Sensoren über Sensor-Halterungen in den Kammern gehalten werden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundplatte aus Glas hergestellt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundplatte aus kristallinem Silizium, Federstahl, Aluminium oder Kupfer-Beryllium-Bronze besteht.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das auf der Grundplatte aufgebrachte Material ein piezoelektrisches Material ist, das mit einer elektrisch leitenden Kontaktschicht überzogen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Material eine Polyvinylidenfluorid-Folie (PVDF-Folie) ist, die mit einer metallischen Kontaktschicht überzogen ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanischen Resonator-Sensoren so dimensioniert sind, daß bevorzugt eine 2/0-Mode anregbar ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die großflächige Oberfläche des Resonator-Sensors parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, die die Ausgleichseinrichtung eine bewegliche gasundurchlässige Membran umfaßt, das die Meßkammer von der Referenzkammer trennt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran einen hohen Wärmedurchgangswert (k) aufweist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran so dimensioniert wird, daß durch ihre Verformung infolge einer Druckdifferenz zwischen Meß- und Referenzkammer keine elastischen Rückstellkräfte in der Membran entstehen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran eine Polyäthylenterephthalat-Folie (PETP-Folie) ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17 gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Bilden der Differenzfrequenz zwischen einer ersten Resonanzfrequenz des ersten mechanischen Resonator-Sensors und einer zweiten Resonanzfrequenz des zweiten mechanischen Resonator-Sensors.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßkammer und die Referenzkammer ein gemeinsames Gehäuse aufweist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse wärmeleitend ist.

21. Verfahren zur Bestimmung der Zusammensetzung einer Gasmischung mit folgenden Verfahrensschritten:

a) Bestimmen einer ersten Resonanzfrequenz eines mit einem Referenzgas in Kontakt stehenden ersten mechanischen Resonator-Sensors;

b) Bestimmen einer zweiten Resonanzfrequenz eines mit der Gasmischung in Kontakt stehenden zweiten mechanischen Resonator-Sensors, wobei der erste und zweite Resonator-Sensor auf gleiche Temperatur gehalten werden und wobei der Druck im Referenzgas und der Druck in der Gasmischung gleichge-

halten werden.

c) Bestimmen der Differenzfrequenz zwischen der ersten und zweiten Resonanzfrequenz als Maß für die Zusammensetzung der Gasmischung.

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasmischung an dem zweiten Resonanz-Sensor vorbeiströmt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die an dem zweiten Resonanz-Sensor vorbeiströmende Gasmischung eine laminare Strömungscharakteristik aufweist.

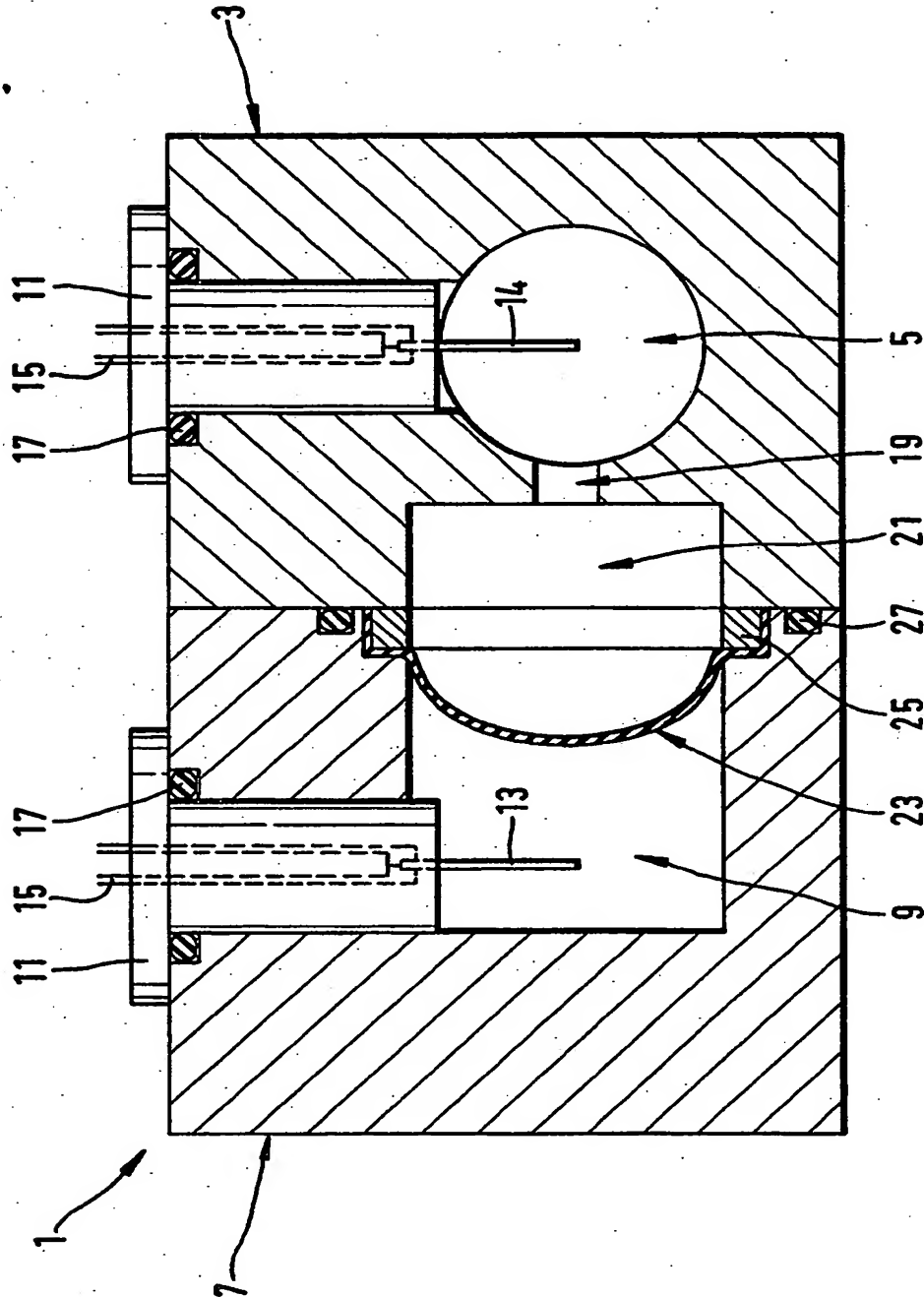
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanischen Resonator-Sensoren in der 2/0 Mode angeregt werden.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas in der Meßkammer und in der Referenzkammer auf gleiche Temperatur gehalten wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



Fig. 1



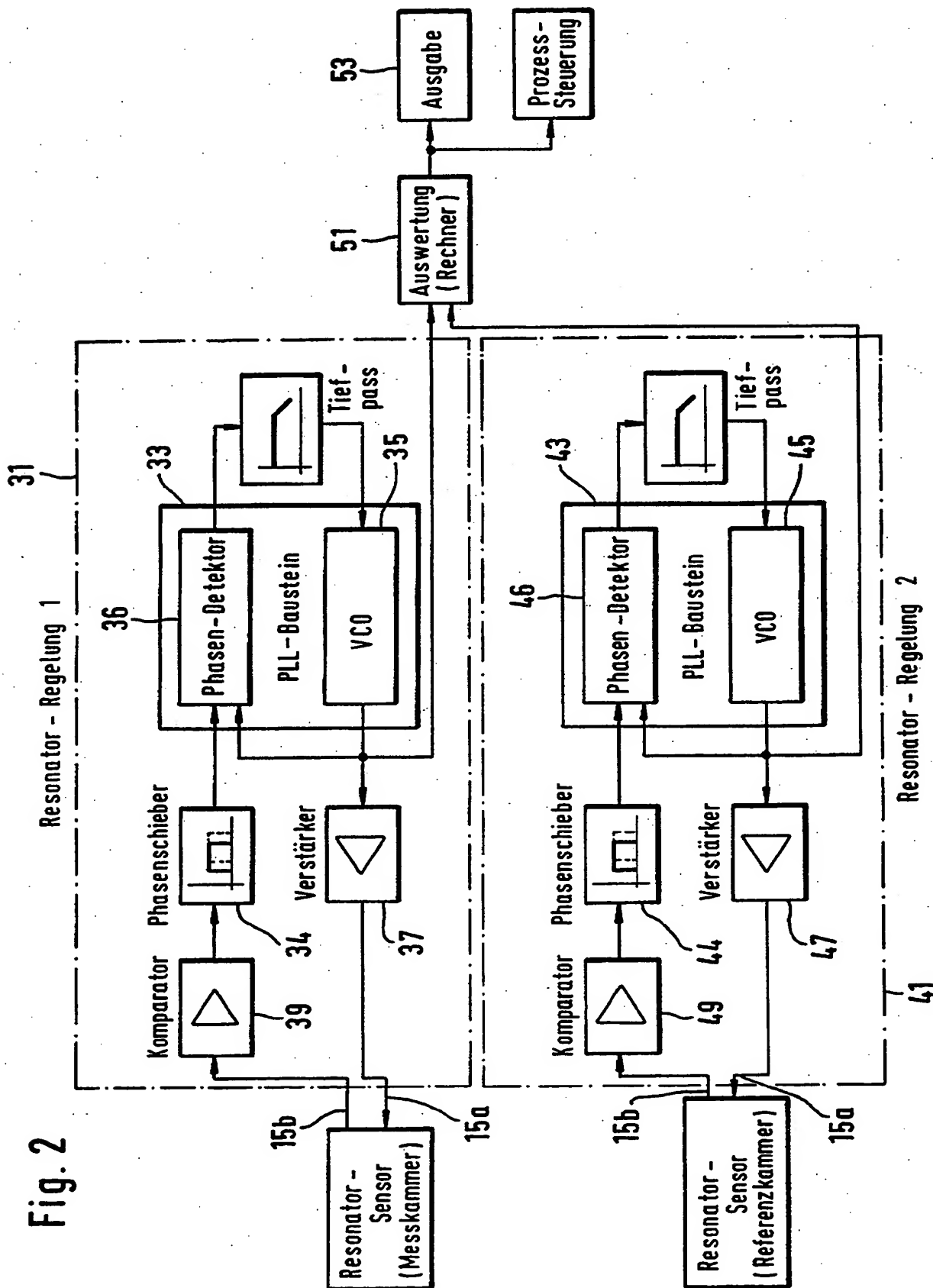




Fig. 3

Temperaturgang von Referenz - und Meßsensor

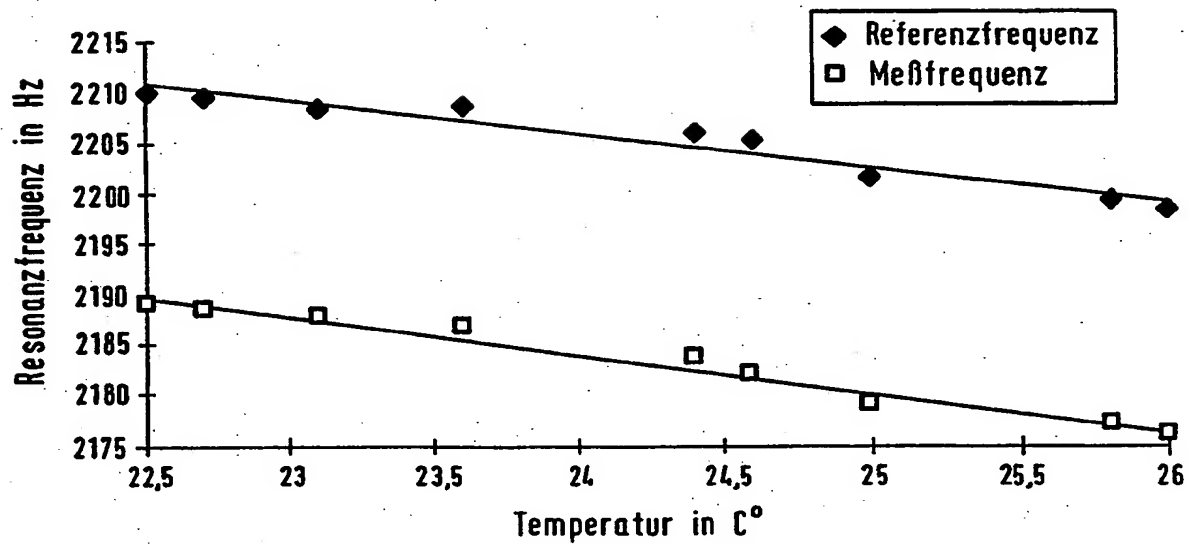


Fig. 4

Druck- und Frequenzverlauf in Referenz - und Meßkammer

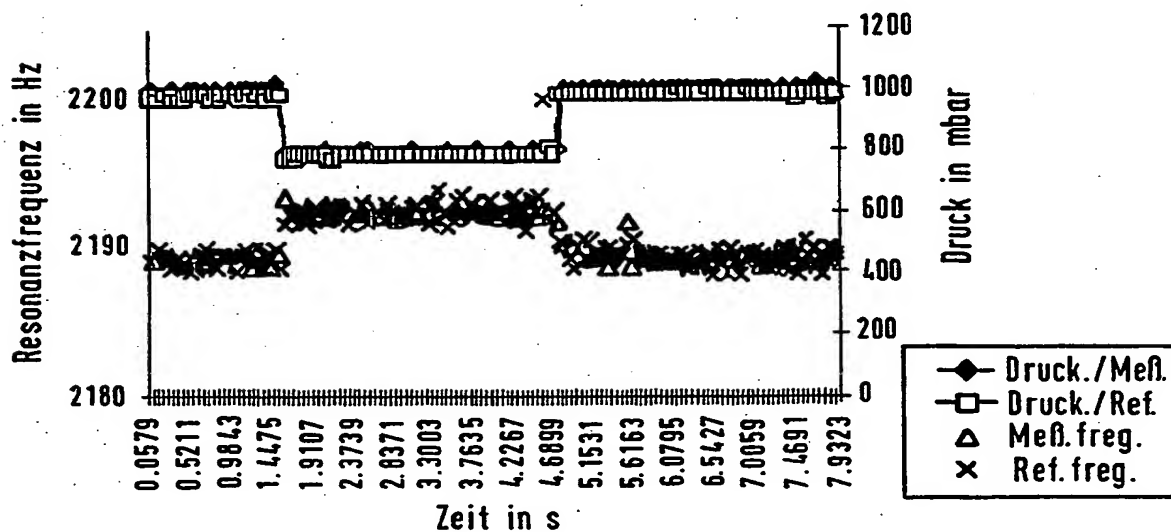


Fig. 5

Differenzfrequenz über dem Gasgemisch  $\text{SF}_6$ /Luft

